

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-102991

(43)Date of publication of application : 15.04.1997

(51)Int.Cl. H04Q 11/04
H04B 10/02
H04J 3/00
H04L 7/00
H04Q 11/00

(21)Application number : 07-258700

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 05.10.1995

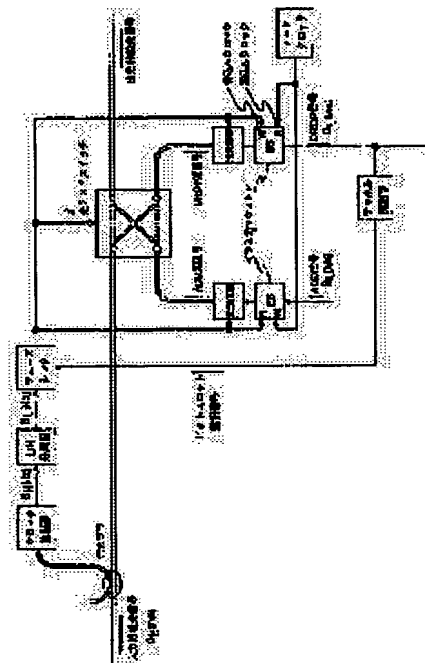
(72)Inventor : YANO TAKASHI

(54) ADD/DROP METHOD AND SYNCHRONIZING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an ADD/DROP method using optical 2×2 switch for switching the route of a time division multiplex signal and a network composed of nodes.

SOLUTION: Concerning the configuration of one node connected to a trunk loop network, a transmitted trunk optical signal and signal light transmitted from the present node are respectively inputted to two input ports of the optical 2×2 switch. A trunk optical signal to be transmitted to the next node and received signal light addressed to the present node are respectively outputted from two output ports. The ADD/DROP is provided in extremely a simple configuration by switch timing synchronized with a clock reproduced from a transmission line.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 05.10.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3019756

[Date of registration] 07.01.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平 9 - 1 0 2 9 9 1

(43)公開日 平成9年(1997)4月15日

(51)Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 Q	11/04		H 0 4 Q	11/04 Z
H 0 4 B	10/02		H 0 4 J	3/00 Q
H 0 4 J	3/00		H 0 4 L	7/00
H 0 4 L	7/00		H 0 4 Q	11/00
H 0 4 Q	11/00		H 0 4 B	9/00 U
審査請求	有	請求項の数 4	OL	(全 1 3 頁)

(21)出願番号 特願平7-258700

(22)出願日 平成7年(1995)10月5日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 矢野 隆

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式
会社内

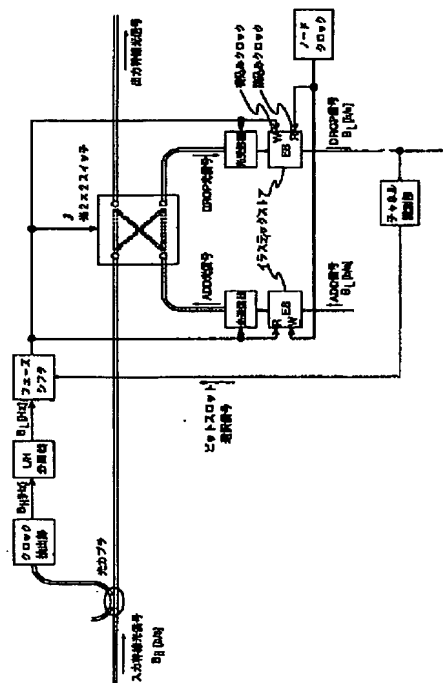
(74)代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54)【発明の名称】ADD/DROP方法と同期方法

(57)【要約】

【目的】 時分割多重信号の進路を切換える光 2×2 スイッチを用いたADD/DROP方法と、そのノードから構成されるネットワークを実現する。

【構成】 この図では、幹線ループ網に接続された1つのノードの構成を表している。光 2×2 スイッチの2つの入力ポートには、それぞれ、伝送されてきた幹線光信号と、自ノードからの送信信号光が入力され、2つの出力ポートからは、それぞれ、次のノードに伝送する幹線光信号と、自ノードあての受信信号光が出力される。伝送路から再生したクロックに同期したスイッチタイミングにより、ADD/DROPが極めて簡易な構成で実現される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】時分割多重方式で光信号を送受しているネットワークノードにおいて、

光信号の 2 入力 2 出力スイッチ（以下光 2×2 スイッチ）を備え、

該光 2×2 スイッチの 2 つの入力ポートには、それぞれ、伝送されてきた幹線光信号と、自ノードからの送信光信号すなわち ADD 光信号が入力されるように接続され、

該光 2×2 スイッチの 2 つの出力ポートには、それぞれ、次のノードに伝送する幹線光信号と、自ノードあての受信光信号すなわち DROP 光信号が出力されるように接続され、

該光スイッチに入力される該幹線光信号と該 ADD 光信号の間のタイミングおよび該光スイッチの切換え動作のタイミングが、該幹線光信号の所望の部分に所望の該 ADD 光信号が ADD されるように調整され、また、該光スイッチの切換え動作のタイミングが、該幹線光信号の所望の部分から該 DROP 光信号が DROP されるように調整され、

必要に応じて該 ADD 処理と該 DROP 処理が同時に行われることを特徴とする ADD/DROP 方法。

【請求項 2】前記光 2×2 スイッチが、光信号で制御されることを特徴とする請求項 1 記載の ADD/DROP 方法。

【請求項 3】前記光 2×2 スイッチが、電気信号で制御されることを特徴とする請求項 1 記載の ADD/DROP 方法。

【請求項 4】複数のノードと、該ノード間を相互接続する少なくとも 1 本の光ファイバ伝送路とからなる光ネットワークにおいて、

ノードは、伝送路信号のクロックを供給する 1 つの親ノードと、それ以外の複数の子ノードからなり、

該子ノードは、ADD/DROP 機能と、ADD 信号と DROP 信号のそれぞれの容量に相当する容量のイラストティック・ストア・バッファをそれぞれ備えることを特徴とし、

該イラストティック・ストア・バッファは、書き込みと読みだしの動作を別々のクロックに基づいて行うことができるものであり、

ADD 信号の伝送路クロックに対する位相ゆらぎは、該 ADD 信号を該 ADD 信号用バッファに該子ノードのクロックに同期して書き込み、伝送路のクロックに同期して読み出すことにより吸収され、

DROP 信号の該子ノードクロックに対する位相ゆらぎは、該 DROP 信号を該 DROP 信号用バッファに伝送路のクロックに同期して書き込み、該子ノードのクロックに同期して読み出すことにより、吸収されることを特徴とする同期方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、時分割多重信号の進路を超高速で切換える、光 2×2 スイッチを用いた時分割多重通信ノードと、そのノードから構成されるネットワークに関する。

【0002】

【従来の技術】

<ADD/DROP 機能とループネットワーク>互いに通信しあっているノードで構成される網において、各ノードではそこを通過する伝送信号から自分のノード宛ての情報を取り出したり（DROP）、新たに情報を付け加えたり（ADD）するスイッチ操作が行なわれる。この操作を ADD/DROP 機能と呼ぶ。この機能を持ったノードを複数、ループ状に接続し、さらに階層化した構成のネットワークが、今日一般に用いられている。

【0003】<光信号領域での ADD/DROP 機能の必要性>ADD/DROP はノードの核心的な機能である。近年、光伝送リンクの容量が高まったため、この機能を提供する電気回路の規模が飛躍的に増大して実現が難しくなり、またコストが上昇する問題が顕在化している。

【0004】この解決策の 1 つに、信号に対するスイッチ操作を光信号レベルと電気信号レベルの 2 層に分ける方法がある。光ファイバ中に通っている大容量の回線の中から、そのノードでアクセスしたい信号を含む信号の束を光信号領域で取り出し、そのみを電気信号に変換して信号処理し、再び光信号に変換し、先程の残りの光信号と合わせて、光ファイバ伝送路に送出する。これにより、電気回路による信号処理の負担を低減できる。

【0005】このように光信号領域でスイッチ操作する具体的な手段として、現在までに、波長多重信号空間や光時分割多重信号空間のスイッチが提案され、実験報告もなされている。この動作原理は、従来より広く用いられている電気回路による周波数多重信号空間や時分割多重信号空間のスイッチ操作と同じものである。

【0006】<光 2×2 スイッチ>本発明は、時分割多重信号空間におけるスイッチ操作に関わるものである。で、次に、その中核をなす光スイッチについて説明する。

【0007】2×2 スイッチとは、図 9-A、B にあるように、2 つの入力と 2 つの出力を備え、外部からの制御信号に応じてクロス（cross）とバー（bar）の状態を切換えるスイッチである。この代表的な構成は二光束干渉計である。その動作を図 10 で説明する。干渉計の一方の腕に位相変調器を備え、制御信号の有無により干渉フリンジ（fringe）の明暗を制御するものである。干渉を利用する方式では、原理的に 2 つの入力ポートと 2 つの出力ポートが備わっている。

【0008】<光 2×2 スイッチの代表的な具体例>現在一般に入手可能な光 2×2 スイッチの代表的なものに

LiNbO₃。導波路干渉計型スイッチがある。その典型的な構成はマッハツェンダー (Mach-Zehnder) 干渉計であり、位相変調には Pockels 効果 (印加電圧に応じて屈折率が変化する現象) を用いる。このタイプの光スイッチでは、光信号の進路を制御する信号が電気信号であることから、これを“電気/光スイッチ”と表記する。

【0009】一方、光制御信号による光信号のスイッチングを可能とした“光/光スイッチ”が、近年活発に提案・研究されている。その代表的なものは電気/光スイッチと同様に干渉を利用し、Pockels 効果の代わりに Kerr 効果 (光強度に応じて屈折率が変化する現象) を用いて位相変調を行いスイッチ動作するもので、超高速な光多重信号の分離装置 (Demultiplexer) としての応用が活発に研究されている。

【0010】光時分割多重空間でのスイッチ操作のためには、高速に動作する光スイッチが必要である。光信号によって制御されるスイッチは、主に次の2つの理由により、電気信号によるものに比べて高速動作し得る。1つの理由は、Kerr 効果などの光非線形現象の中には、その応答時間数が、電子回路素子に比べ、非常に高速なものがあるという点、もう1つは、光ファイバ信号線路の持つ広帯域性により、超短パルスの生成・利用が可能である。

【0011】＜光時分割多重分離方式の ADD/DROP 機能への適用＞光スイッチを用いて時分割多重光信号を光信号のまま進路切り換えする、ADD/DROP 機能の実験報告がいくつかなされている。

【0012】例えば、1993年9月に開催された第19回光通信に関するヨーロッパ会議 (19th European Conference on Optical Communication) のプロシーディング (proceedings) 第2巻 281-284 頁 (Vol. 2, pp 281-284) に掲載されている、D. M. Patrickらによる「非線形光ループミラーを用いた、ビットレート可変の全光多重分離 (Bit-Rate Flexible All-Optical De-Multiplexing using a Nonlinear Optical Loop Mirror)」なる報告や、A. D. Ellisらによる「電気/光スイッチを用いた、3ノード構成、40Gb/s OTDM 網の実験 (Three-node 40Gb/s OTDM network experiment using electro-optic switches)」なるエレクトロニクスレーズ掲載の報告 (electronics letters, vol.30, No.16, 1994, pp1333-1334) がある。

【0013】これらの構成図を、図11A、図11Bに示す。これら2つの報告の構成上の違いは、図11Aでは、受信信号を DROP し、空いた部分に送信信号を ADD しているのに対し、図11Bでは、受信信号光を2つに分け、各々の信号に対して DROP と ADD を独立に行なっており、ADD のためにさらに消去の機能が必要となっている。また、光スイッチについては、図11

A は光/光スイッチを、図11B は電気/光スイッチを用いている。ちなみにどちらも光の 2×2 スwitch は用いていない。

【0014】＜網同期＞ノードにおいて時分割多重スイッチ操作によって ADD/DROP 処理を行うためには、進路切り換えする複数の信号間のタイミングが揃っている必要がある。つまり互いに交信し合うノード間の同期が必要である。これを網同期と呼ぶ。一般に各々のノードは正確なクロックを備えており、その周波数が大きくずれることはないものの、信号が伝送路を伝わる間の、振動、温度変化などの影響によって、位相レベルでのゆらぎは必ず発生する。したがって位相調整が不可欠である。

【0015】この位相調整手段として、現在は、半導体メモリを中核とするバッファが用いられている。このバッファメモリはエラスティック ストア (Elastic Store) と呼ばれる特殊なもので、書き込み動作と読みだし動作を別々のクロックで動作させることができる。図12に示すように伝送路のクロックに同期して書き込み、ノードのクロックに同期して読み出すことにより、位相ゆらぎをバッファすることができる。逆にノードのクロックに同期した信号を伝送路クロックに載せ代えることもできる。

【0016】

【発明が解決しようとする課題】

＜請求項1, 2, 3の発明：従来の ADD/DROP 機能の課題＞従来の方法には次に挙げるような欠点がある。

【0017】第1に、以下に挙げるタイミング調整の困難さがある。

【0018】ADD/DROP するためには、所望の部分のパルスを DROP するタイミング調整と、所望の部分にパルスを ADD するタイミング調整をする必要がある。A. D. Ellisらの報告では、さらに消去のためのタイミング調整も必要となっている。これらのタイミング調整精度は、高ビットレート (bit rate) になるほど厳しくなることは明らかである。従来技術で挙げた実験報告においては、これに対する方策は何ら施されておらず、実用化への課題となっている。

【0019】第2に、ADD するパルスの波形は、ADD 先のデータ信号のパルス波形と同一でなければならないことがある。時分割多重方式では、高ビットレートになるほどパルス幅を細くする必要がある。しかし通常 ADD 信号のビットレートは、ADD 先の信号のビットレートよりも低い。その結果、ADD する信号のパルス幅は、そのビットレートに相当するパルス幅よりも細くしなければならない。

【0020】例えば、前述の報告では、ビットレートは、ADD 先の信号が 40 G [b/s]、ADD 信号が 10 G [b/s] であり、各々のパルス幅は約 10 [p

s]である。したがって、ADD信号には、一般的な10G[b/s]光送信器が送出する、最小パルス幅約100[ps]のNRZ符号(NRZ:Non Return to Zero)の光信号は用いることができず、パルス幅約10[ps]のRZ符号(RZ:Return to Zero)を送出する、特別な10G[b/s]光送信器が必要である。このように本方式では特殊な光送信器を必要とする欠点がある。

【0021】第3に、部品点数が多いため高コストとなり、構成が複雑で調整箇所が多いため、動作の安定性維持が困難である。

【0022】本発明は、上記のような従来技術の欠点を克服したADD/DROP方法を提供することを目的とする。

【0023】<請求項4の発明：従来の網同期の課題>近年の光通信の速度向上は著しいが、一方、半導体メモリの動作速度はほとんど向上していない。そのため、光伝送する超高速信号の位相同期操作は、多数の低速信号に分けた後に、並列処理されている。

【0024】具体的な例を挙げると、現在商用に10G[b/s]の速度の幹線系通信路が導入されようとしているが、イラスティック ストア バッファの動作速度は最高50M[b/s]程度のため、最低約200本の低速信号に分離して並列に処理している。大きな位相ゆらぎにも耐えるためには、大容量のメモリが必要となり、コストも非常に高くなっている。(「SDH伝送方式」, 128頁, 島田禎督監修, オーム社, 1993)。

【0025】ところで、高速な伝送信号を多数の低速な信号に分離しても、ADD/DROP処理の対象になるのは、一般的には全体のほんの一部であり、信号の大部分は何も処理されずに再び高速信号に多重されて次のノードに送られる。つまり位相調整のためだけに大きなコストが必要とされている。

【0026】

【課題を解決するための手段】本発明のADD/DROP方法は、時分割多重方式で光信号を送受しているネットワークノードにおいて、光信号の2入力2出力スイッチ(以下光2×2スイッチ)を備え、該光2×2スイッチの2つの入力ポートには、それぞれ、伝送されてきた幹線光信号と、自ノードからの送信光信号すなわちADD光信号が入力されるように接続され、該光2×2スイッチの2つの出力ポートには、それぞれ、次のノードに伝送する幹線光信号と、自ノードあての受信光信号すなわちDROP光信号が出力されるように接続され、該光スイッチに入力される該幹線光信号と該ADD光信号の間のタイミングおよび該光スイッチの切換え動作のタイミングが、該幹線光信号の所望の部分に所望の該ADD光信号がADDされるように調整され、また、該光ス

witchの切換え動作のタイミングが、該幹線光信号の所望の部分から該DROP光信号がDROPされるように調整され、必要に応じて該ADD処理と該DROP処理が同時に行われることを特徴とする。

【0027】前記光2×2スイッチが、光信号で制御されることを特徴とするADD/DROP方法である。

【0028】前記光2×2スイッチが、電気信号で制御されることを特徴とするADD/DROP方法である。

【0029】または、本発明は、複数のノードと、該ノード間を相互接続する少なくとも1本の光ファイバ伝送路とからなる光ネットワークにおいて、ノードは、伝送路信号のクロックを供給する1つの親ノードと、それ以外の複数の子ノードからなり、該子ノードは、ADD/DROP機能と、ADD信号とDROP信号のそれぞれの容量に相当する容量のイラスティック ストア バッファをそれぞれ備えることを特徴とし、該イラスティック ストア バッファは、書き込みと読みだしの動作を別々のクロックに基づいて行うことができるものであり、ADD信号の伝送路クロックに対する位相ゆらぎは、該ADD信号を該ADD信号用バッファに該子ノードのクロックに同期して書き込み、伝送路のクロックに同期して読み出すことにより吸収され、DROP信号の該子ノードクロックに対する位相ゆらぎは、該DROP信号を該DROP信号用バッファに伝送路のクロックに同期して書き込み、該子ノードのクロックに同期して読み出すことにより、吸収されることを特徴とする同期方法である。

【0030】(作用) 上述の従来技術の課題は、請求項1または請求項2または請求項3の発明で提供するADD/DROP方法と、その方法を有効に活用するための請求項4の同期法によって克服される。

【0031】<請求項1, 2, 3の発明>本発明を用いた光ADD/DROP方法を説明する。

【0032】基本的な構成を図1に示す。ここでは、ループ伝送路に接続された1つのノードの構成を示している。光2×2スイッチの2つの入力ポートには、それぞれ、伝送されてきた幹線光信号と、自ノードからの送信光信号すなわちADD光信号が入力され、2つの出力ポートからは、それぞれ、次のノードに伝送する幹線光信号と、自ノードあての受信光信号すなわちDROP光信号が出力される。幹線光信号とADD光信号と光スイッチの動作は同期させている。表1に示すように、スイッチの状態に応じて幹線に向かう信号と自ノードにDROPされる信号を切り換える操作を行う。表1のスイッチの論理は逆でも良い。このように本方法によればADD/DROPが極めて簡易な構成で実現できる。

【0033】

【表1】

スイッチの状態	幹線に送出される信号	自ノードにDROPされる信号
バー	入力幹線信号	ADD信号(意味無し)
クロス	ADD信号	入力幹線信号

【0034】<請求項4の発明>請求項1または請求項2または請求項3の発明の光ADD/DROP方法を用いてネットワークを構成する場合、位相同期の実現方法が問題となる。従来技術の課題でも述べたように、現在は、電気回路による可変長バッファを用いて位相差を吸収している。しかし光信号に対して同様な可変長バッファを構成することは、現在は残念ながら現実的ではない。

【0035】そこで、請求項4の発明である、次のような同期法をとれば、請求項1の発明を有効に活用できるネットワークが構築できる。

【0036】構成を図7に示す。ループ中に1つの親ノードをおき、それがループ伝送路のクロックを発生するマスタークロックを持つ。他の複数の子ノードは、伝送路のクロックに同期してADD/DROPのスイッチ動作を行う。

【0037】子ノード信号処理の一例を図8に示す。光ファイバ伝送路中を B_H [b/s]の光信号が通っている。この光信号は、容量が B_L [b/s]の信号を光信号領域で時分割多重した信号である。図では4つの B_L 信号が束ねられて B_H 信号となっており、そのうち1つの B_L 信号をADD/DROP処理している様子を示している。

【0038】DROPされた1つの B_L 信号は、一般的にはさらに複数の容量 B_E [b/s]の信号から構成されており、その単位で子ノードの B_E 信号とクロスコネクトされたのち、再び B_L 信号に多重され、ADDされる。

【0039】ここまでの処理は全て伝送路のクロックに同期している。従って、子ノードが持つクロックとの位相差の吸収は、ADD前、DROP後の低速信号に対してのみ行えばよく、従来の方式よりも大幅に規模を低減できるため、従来のイラスティック ストア バッファによって十分実現可能なものとなる。

【0040】

【発明の実施の形態】

【実施例1】

<請求項1, 2, 3の発明>代表的なサニャック (Sagnac) 干渉計型光/光スイッチである、光ファイバを非線形媒質として用いた非線形光ループミラー (NOLM: Nonlinear Optical Loop Mirror) に対して、本発明を取り入れた実施例を示す。

【0041】(構成)構成を図3に示す。まず、光2×2スイッチから説明する。

【0042】光ファイバ50と3dBカブラ10が光学

的に接続され、サニャック干渉計の基本を構成している。この光ファイバ50は、石英系の単一モード光ファイバ(長さ:10[km], 零分散波長:1550[nm], 全損失:約3dB)であり、サニャック干渉計を構成する光導波路であると同時に光非線形媒質の役目も兼ねている。

【0043】その中に、サニャック干渉計の動作に本質的な影響を与えない形で、制御光導入3dBカブラ20が入れられている。信号光は、その分、過剰な損失(3dB)を受けるが、それは、その他の要因による損失と同様の影響しか与えない。

【0044】カブラ10のポート10a, 10bには、進行方向が異なる光を分離するための3dBカブラ31, 41が接続され、さらに入力ポートに戻ろうとする光を遮断するための光アイソレータ311, 312が接続されている。

【0045】次に波長設定について説明する。

【0046】本実施例では、2つの入力信号光どうしの干渉を防ぐため、その波長を異ならせている。結果として、制御光と合わせて、3つの波長の光を利用する。

【0047】入力幹線光信号101は、波長 $\lambda_1 = 1553.5$ [nm]、パルス幅40 [ps]、ビットレート10G [b/s]のRZ符号の光データ信号である。ADD光信号102は、波長 $\lambda_2 = 1552.5$ [nm]、ビットレート622M [b/s]のNRZ符号の光データ信号である。制御光120は、波長 $\lambda_c = 1547$ [nm]、パルス幅40 [ps]、繰り返し周波数622M [Hz]の光クロック信号である。ADD光信号102と制御光120のクロック位相はフェーズシフトを用いて入力幹線光信号101と一致させた。これは同期ではないが、クロック位相の揺らぎが生じない限り、同期状態との違いはない。

【0048】これら3光波の波長設定を図4に示す。

【0049】放物線状の曲線は、光ファイバ50の零分散波長1550 [nm]を基準とした時の各波長での相対的な遅延時間量を表している。相対遅延が少ないほうがスイッチングに要する制御光パワーが少なくてすむため、これら3光波は、相対遅延時間が互いに最も少なくなるようにし、なおかつ光フィルタで分離可能な程度まで離している。

【0050】光フィルタ301, 302は、帯域通過 (band pass) 特性を持つもので、その帯域幅は約1 [nm]である。図4中に示すように、光フィルタ301は、 λ_c を除去し、 λ_1 と λ_2 を通過させる設定、光フィルタ302は、 λ_c と λ_2 を除去し、 λ_1 を通過させる設定としている。

【0051】光受信器320は、ビットレート622M [b/s]の光受信器であり、カブラ41から出てくる光を、光フィルタ302でフィルタリング後に得られるDROP光信号112を受信するように接続されている。光受信器320によって、DROP光信号112は、DROP電気信号340に変換される。

【0052】光送信器321は、ADD電気信号341をADD光信号102に変換して送出するビットレート622M [b/s]の光送信器である。

【0053】偏光制御器331, 332, 333は、任意の偏光状態変換が可能な偏光変換器である。

【0054】(動作) 次に動作を、図3の構成図を用いて説明する。

【0055】10G [b/s]の入力幹線光信号101は、アイソレータ311、カブラ31を通過して、サニャック干渉計に入射する。一方、ADD光信号102もアイソレータ312、カブラ41を通過して、サニャック干渉計に入射する。この時、カブラ31, 41のポート31d, 41dからも光信号が出てくるがこれは捨てる。反射などの悪影響を防ぐため、終端している。

【0056】サニャック干渉計に入射した光は、それぞれカブラ10で2等分され、ループを回り、再度カブラ10に戻って干渉する。制御光120がない時には、それぞれの干渉出力光は入射されたポートに戻る。制御光が位相差 π を生じさせる適切な分量で存在する場合は、それぞれの干渉出力光は入射されたポートとは反対のポートから出力される。

【0057】それら干渉出力光は、必ず λ_c を含み、また制御光の有無により λ_1 または λ_2 を含んでいることになる。それを各々説明していく。

【0058】まず、カブラ31のポート31aから出力される光は、光フィルタ301によって制御光(λ_c)が除去される。その結果、出力幹線光信号111は、制御光が無い時は入力幹線光信号101(λ_1)となり、制御光が有る時にはADD光信号102(λ_2)となる。

【0059】次に、カブラ41のポート41aから出力される光は、光フィルタ301によって制御光(λ_c)とADD光信号102(λ_2)が除去される。その結果、DROP光信号112は、制御光が無い時は何も出力されず、制御光が有る時には入力幹線光信号101(λ_1)となる。

【0060】以上を動作させた所、良好な基本動作を確認できた。

【0061】アイバタンを図5に示す。上から順に、入力幹線光信号101、ADD光信号102、制御光120、出力幹線光信号111、DROP光信号112である。 $B_H = 10G [b/s]$ の入力幹線光信号101の中の、1つの $B_L = 622M [b/s]$ 信号チャネルを、自ノードから送信するADD光信号102と入れ換

えている。この実施例では $B_H / B_L = 16$ であるので16bitおきに入れ替えが行われている。ここでは、8番目のビットスロットをADD/DROPしている。

【0062】本実施例では、光2×2スイッチとして、光/光スイッチであるNOLMを用いたが、本発明はこれに限定されるものではなく、他の光2×2スイッチを用いても同様の動作が実現できることは明らかである。

【0063】本実施例では、サニャック干渉計型スイッチを用いたため、ポート10a, 10bで進行方向が異なる光を分離する必要があるが3dBカブラ31, 41を接続したが、その代わりに光サーキュレータを用いれば、3dBカブラでの3dBの損失を低減することができる。

【0064】本実施例では、ADD信号をNRZ符号の光信号としたが、これはRZ符号の光信号でも良い。

【0065】2つの信号光がスイッチ入力部のカブラにおいて干渉することによる影響を回避する方法には次のようなものがある。

【0066】1つは、信号光の波長にわずかに差を持たせる方法である。ただし、周波数が極端に離れるとKerr媒質の波長分散による性能低下を生じる怖れがあることから、その差周波数が光検出器の帯域内に入ってきてしまわない程度の適切な周波数差を選ぶ。本実施例もこの方法を用いている。

【0067】もう1つの方法は、2つの信号光を互いに直交して入力し、制御光を円偏光にし、全ての偏光の信号光に対してスイッチング効率が一定になるようにするものである(特開平4-19717号公報参照)。

【0068】波長を異ならせる方法の場合、ノードに入ってくる光とノードから出ていく光の波長が一部異なってしまう。これでは複数の子ノードがある場合、波長設定に困難をきたす可能性がある。これを回避するためには、図6に示すように、2×2スイッチの出力光を波長変換して、完全に元の波長に戻すようにすればよい。例えばM. Schillingらが「光活性を持つ集積化された3ポート マッハーツェンダー干渉計を用いた波長変換器(Wavelength converter based on integrated all-active three-port Mach-Zehnder interferometer)」(エレクトロニクスレターズ、electronics letters, vol.30, No.25, 1994, pp2128-2130)で報告している光/光スイッチがこのような用途に適する。

【0069】本実施例においては、幹線光信号のフレーム構成として、最も単純なビット多重を用いたが、本発明はこれに限定されず、他のフレーム構成、例えば、バイト単位、または数バイトの容量のセル単位でもよい。

【0070】本実施例では、幹線伝送路網の形状にループを用いたが、本発明はこれに限定される物ではなく、例えば、バス型の網にも適用可能である。

【0071】

【実施例2】

＜請求項 4 の発明＞ 1 つの親ノードと、複数の請求項 1 の ADD/DROP ノード（子ノード）の間を、光ファイバ伝送路で各々結び、図 7 のようなループネットワークを構成した。幹線光信号のビットレート $B_H = 10\text{ G}[\text{b/s}]$ 、ADD/DROP するビットレート $B_L = 622\text{ M}[\text{b/s}]$ とした。送信側の子ノードでは、 $622\text{ M}[\text{b/s}]$ の信号が光 ADD/DROP 機能によって 16 bit おきに送出され、受信側の子ノードでは、その信号を光 ADD/DROP 機能によって 16 bit おきに受信されている。

【0072】図 2 に子ノードの詳細な構成を示す。光 2×2 スwitch と光送受信器には、第 1 の発明の実施例で説明したものをを用いた。

【0073】同期は次のようにして実現している。各々の子ノードでは、幹線光信号の一部を分岐し、 $10\text{ G}[\text{Hz}]$ 帯の強度変調信号成分を光検出器で受光し、 Q 値が約 800 の電気タンクフィルタを用いて、 $10\text{ G}[\text{Hz}]$ のクロック再生を行い、それを $622\text{ M}[\text{Hz}]$ まで電気回路で分周している。このクロックを伝送路クロックと呼ぶ。

【0074】送信側の子ノードでは、初めは自ノードのクロックに同期している ADD 信号をイラストリックスストアを用いて伝送路クロックに載せ代えている。さらに適切なビットスロットに ADD するため、フェーズシフタを用いて伝送路クロックに適切な遅延を与えて光 2×2 スwitch を駆動している。

【0075】受信側の子ノードでは、適切なビットスロットを DROP するため、フェーズシフタを用いて伝送路クロックに適切な遅延を与えて光 2×2 スwitch を駆動した。この位相調整により、アクセスするビットスロットが指定される。さらに、初めは伝送路クロックに同期している DROP 信号をイラストリックスストアを用いて自ノードのクロックに載せ代えている。

【0076】以上の構成を動作させた所、良好な基本動作を確認できた。図 5 と同様な動作波形が得られ、光ファイバ伝送路の長さにより光可変遅延器を用いて若干変動を与えても安定に動作し続けた。同期に必要なイラストリックスストアの容量は、幹線信号を全て同期処理する場合に比べて $1/16$ と大幅に低減されている。

【0077】動作安定性の確保のため、ループ中に最低 1 つ、以下のような機能が必要となる。これは本発明だけに当てはまる制限ではなく、ループネットワークに共通の技術的要求である。

【0078】まず、信号の再生中継器が必要である。これにより、信号がループを何周する場合でも、信号の劣化による障害を防ぐ。

【0079】また、信号がループを 1 周するのに要する時間のゆらぎを吸収するバッファが必要である。

【0080】本実施例では、これらの機能を親ノードに持たせ、従来のように電気回路によってバッファを実現

した。

【0081】本発明では媒体アクセス方式に付いては特に言及していないが、これは本発明のスイッチ操作、ならびに網同期方法が、様々な媒体アクセス方式と組み合わせ可能であるからである。媒体アクセス方式は、本発明が提供する技術と密接な関係にはあるものの、階層は異なるものである。

【0082】本実施例では、伝送路クロックの再生のために、高速な光検出器と電子回路を使用しており、この動作速度がシステム全体の速度制限になる恐れがある。これを回避する方法としては、例えば、特開平 6-303216 号公報に記載のような、光信号処理を用いたクロック再生方式を用いればよい。

【0083】本実施例では、光 2×2 スwitch として第 1 の発明の実施例で説明した光/光スswitchを用いたが、本発明はこれに限定されるものではなく、電気/光スswitchでもよい。

【0084】以上の文中では説明の都合上、親ノードと子ノードとを明確に分けていたが、実際の制約は、ループ中にマスタークロックは 1 つだけしか存在してはいけない、というだけであり、これが守られる限り、親ノードと子ノードの構成は同一でもよい。このようにすると万が一親ノードに障害が生じた場合に、別の子ノードが親ノードとなることができ、ネットワークの復旧が容易となる利点もある。

【0085】

【発明の効果】請求項 1, 2, 3 の発明の光 ADD/DROP 機能によれば、ADD と DROP の厳しいタイミング条件が自動的に満たされるため、その実現が容易となる。

【0086】ADD 信号のパルス幅は、ビットレートに相当するものでよく、また NRZ 符号の信号でよいため、一般的な光送信器が使える。

【0087】また、構成がシンプルになるので、動作安定性や信頼性の向上と、コスト低減が期待できる。

【0088】さらに光/光スswitchを用いることによって、電気信号の速度制限が取り払われ、さらなる大容量化が可能となる。

【0089】請求項 4 の発明の網同期法によれば、超高速大容量な光信号の位相同期を部分的に行うだけでよくなるため、シンプルで低コストな網同期が実現でき、簡単な構成かつ大容量の光 ADD/DROP 型ネットワークを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】第 1 の発明の説明図

【図 2】第 4 の発明の構成図

【図 3】第 1 の発明の実施例の構成図

【図 4】第 1 の発明の実施例の波長設定図

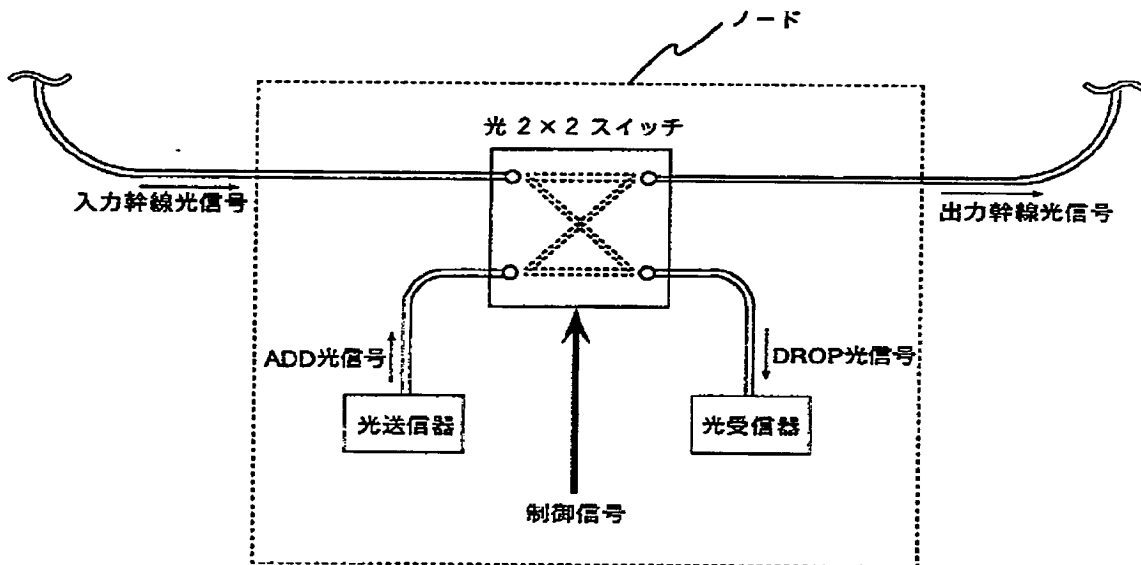
【図 5】第 1 の発明の実施例の動作波形説明図

【図 6】第 1 の発明の実施例の典型的な構成例

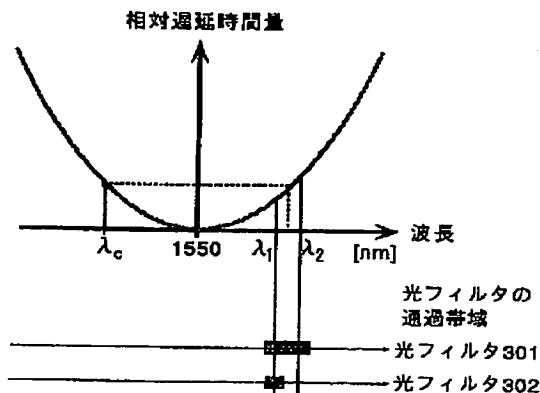
- 【図7】第4の発明の実施例の説明図
 【図8】第4の発明の実施例の説明図
 【図9】2×2スイッチの説明図。
 【図10】干渉計型光スイッチの説明図
 【図11】AはADD/DROP機能の第1の従来法の説明図、BはADD/DROP機能の第2の従来法の説明図
 【図12】イラストリックストアの動作説明図
 【符号の説明】
 10、20、31、41 カプラ
 50 光ファイバ
 101 入力幹線光信号

- 102 ADD光信号
 111 出力幹線光信号
 112 DROP光信号
 120 制御光
 301、302 光フィルタ
 311、312 アイソレータ
 320 光受信器
 321 光送信器
 331、332、333 偏光制御器
 10 340 DROP電気信号
 341 ADD電気信号

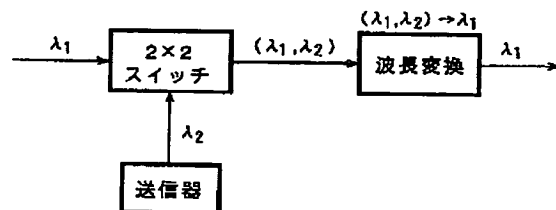
【図1】



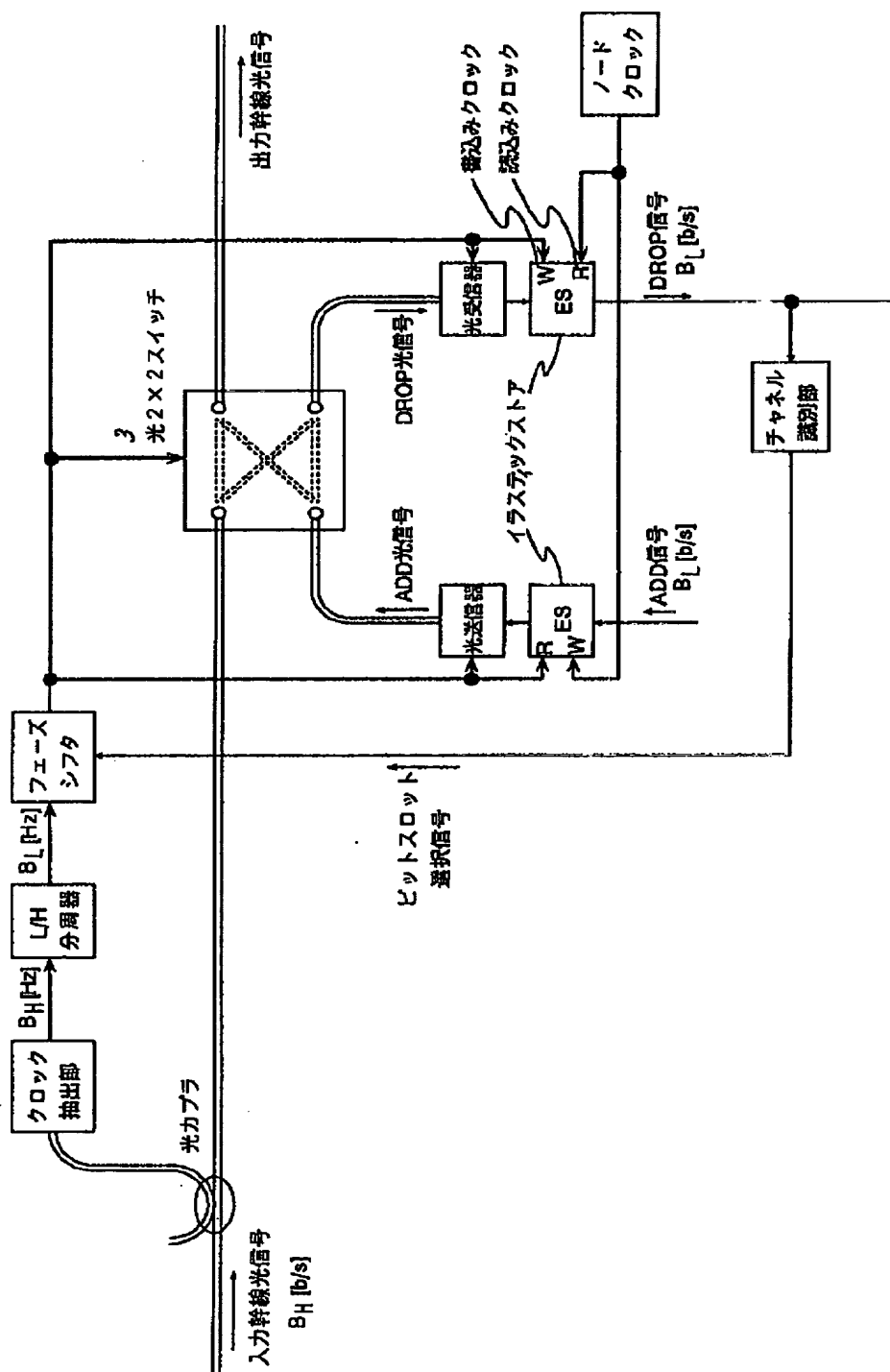
【図4】



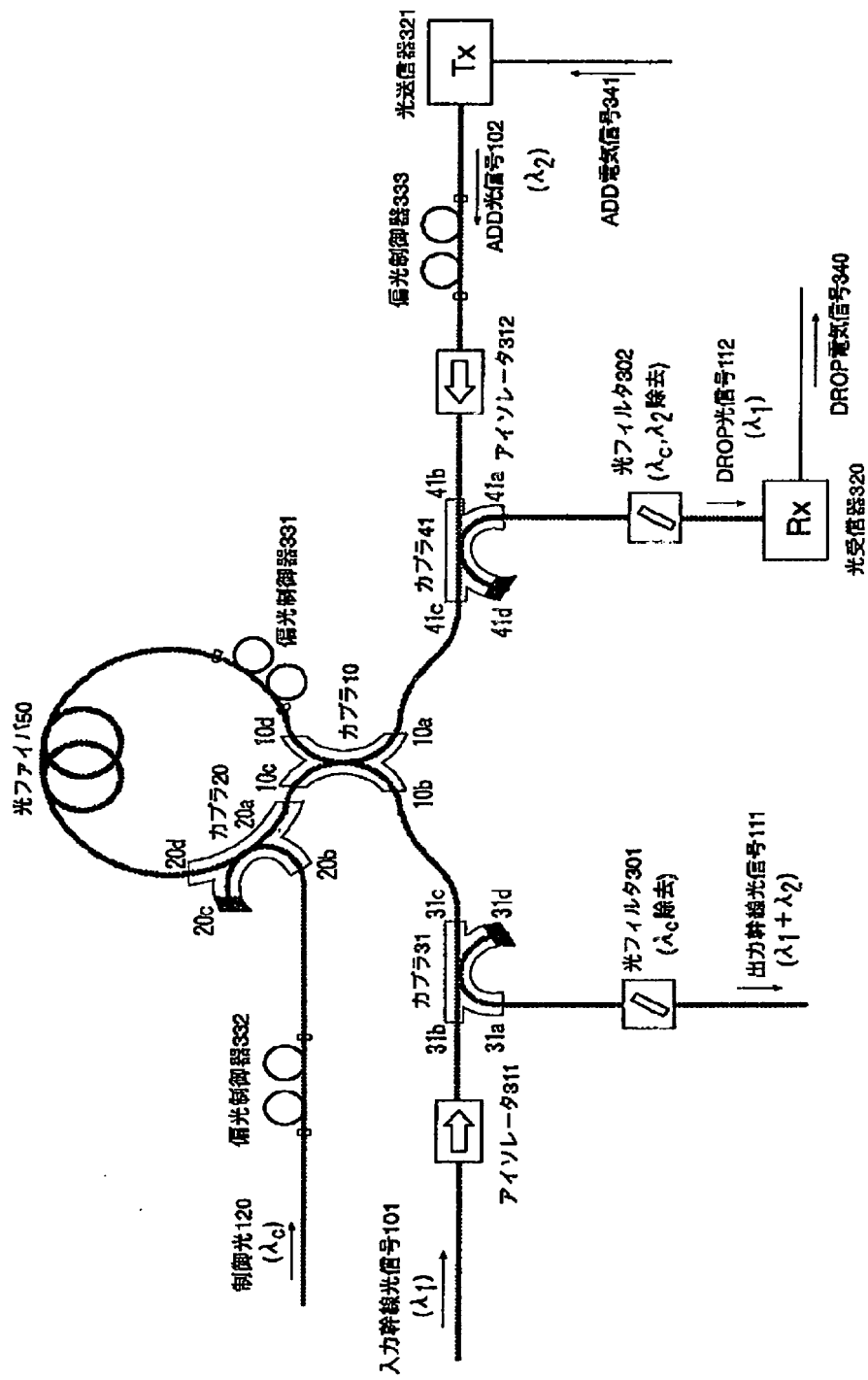
【図6】



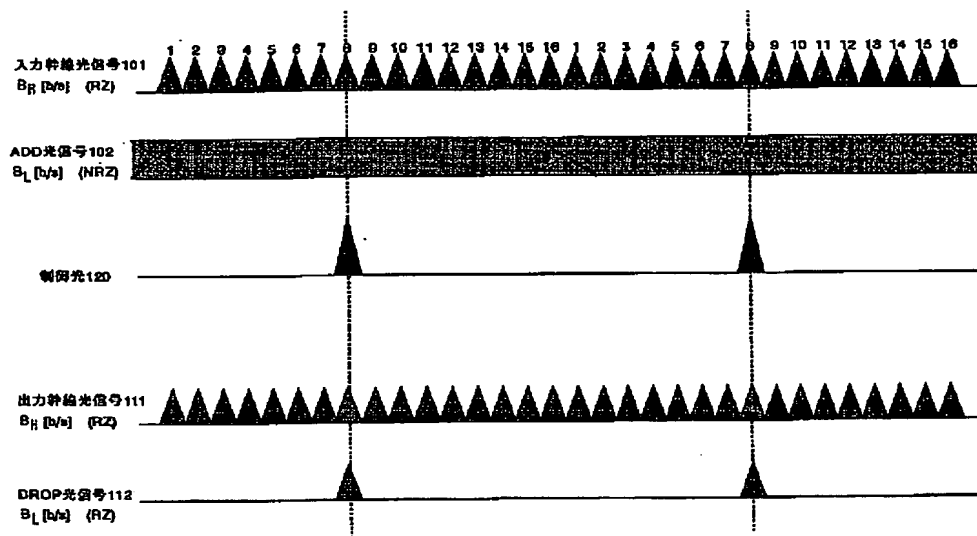
【図 2】



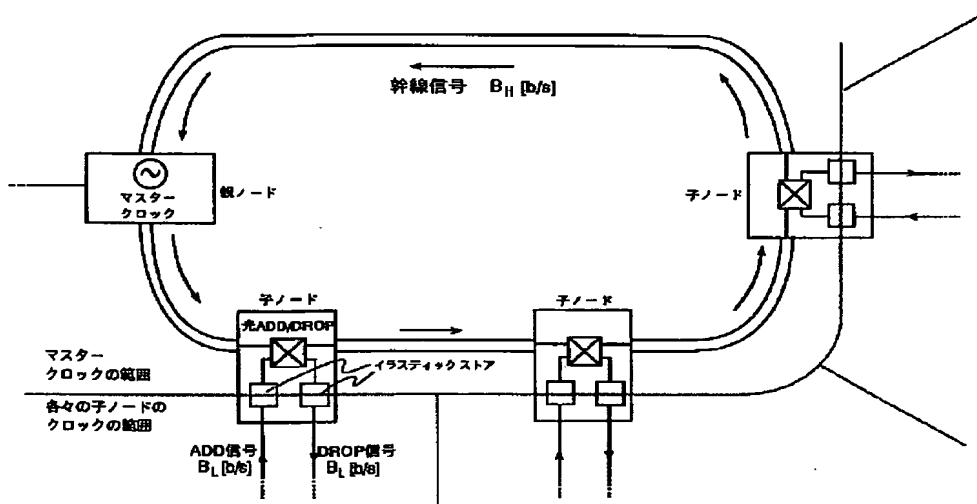
【図3】



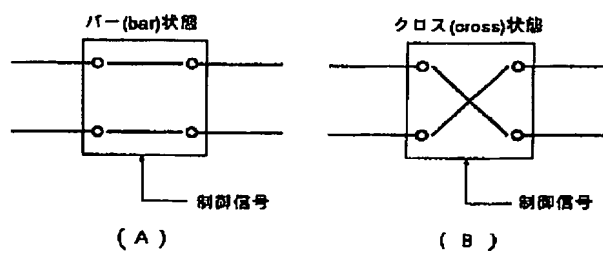
【図5】



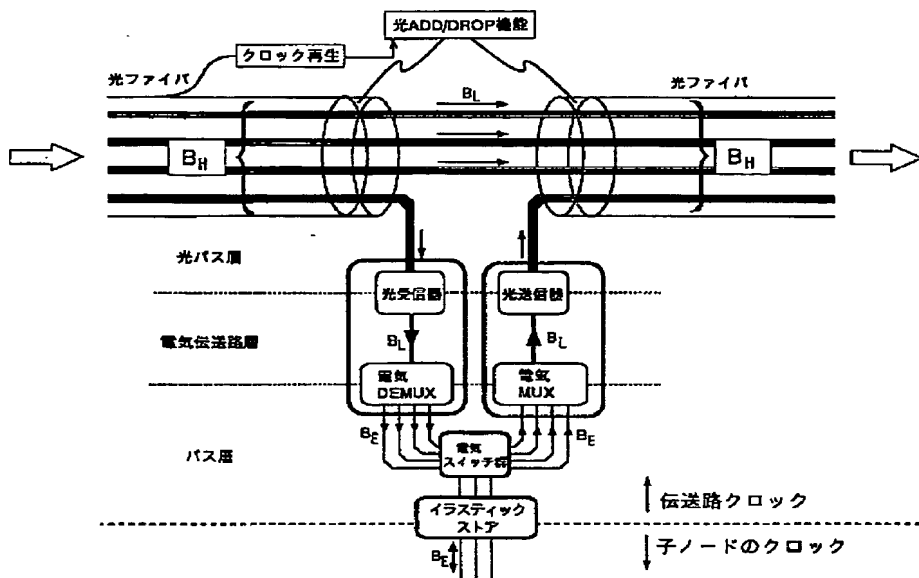
【図7】



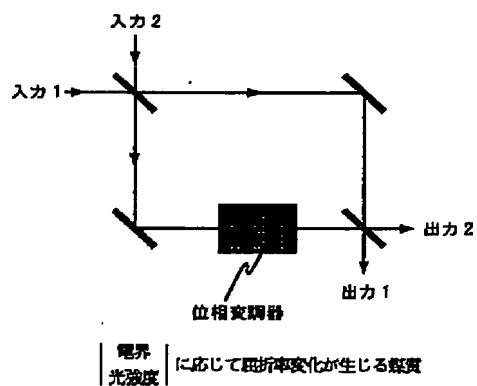
【図9】



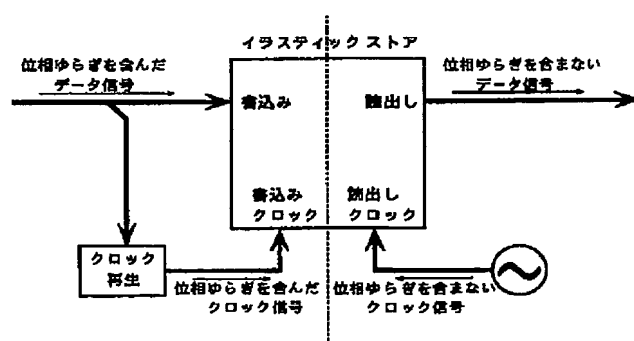
【図 8】



【図 10】

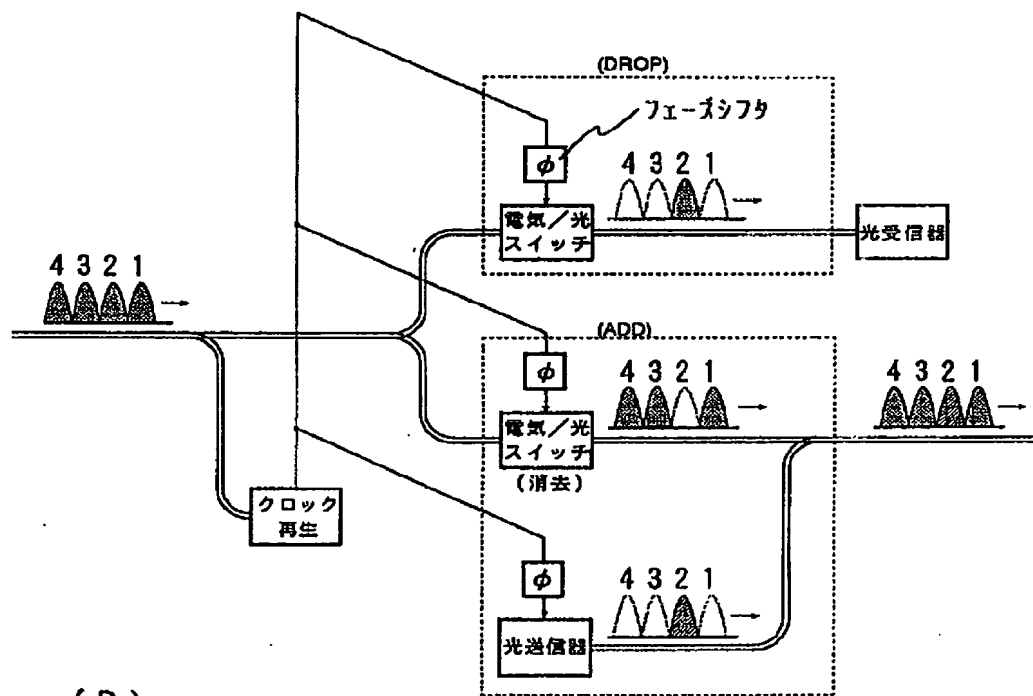


【図 12】



[illegible]

(A)



(B)

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)